育成期太行鸡饲粮代谢能和粗蛋白质适宜水平的研究

冯　焯[1]　郝艳霜[2]　赵国先[2*]　李树鹏[3]　王　琳[2]　柳　迪[2]　刘彦慈[4]　马可为[4]

(1.涿州市农业局，涿州 072750；2.河北农业大学动物科技学院，保定 071000；3.河北农业大学动物医学院，保定 071000；4.保定职业技术学院，保定 071000)

摘　要：本试验旨在研究饲粮代谢能和粗蛋白质水平对育成期太行鸡生长性能和血清生化指标的影响，以确定饲粮适宜代谢能和粗蛋白质水平，为制定太行鸡饲养标准提供依据。以代谢能（11.0、11.5、12.0 MJ/kg）和粗蛋白质（14%、15%、16%）为因子，采用 2 因素 3 水平的试验设计。选取体重均匀、健康的 77 日龄太行鸡母鸡 360 只，随机分为 9 组，每组设 4 个重复，每个重复 10 只鸡。预试期 3 d，正试期 42 d。结果表明：1）饲粮代谢能水平对育成期太行鸡平均日采食量和料重比的影响显著（$P<0.05$），随饲粮代谢能水平的升高，育成期太行鸡的平均日采食量和料重比降低。饲粮粗蛋白质水平对育成期太行鸡料重比的影响显著（$P<0.05$），随饲粮粗蛋白质水平的升高，育成期太行鸡的平均日采食量先增加后降低，料重比先减小后增大。饲粮代谢能和粗蛋白质水平对育成期太行鸡平均日采食量、平均日增重和料重比表现出显著互作效应（$P<0.05$）。综合生长性能指标得出，饲粮代谢能水平为 11.5~12.0 MJ/kg，粗蛋白质水平为 14%~15%时，太行鸡生长性能表现较优。2）饲粮代谢能水平对育成期太行鸡平均日代谢能摄入量(ADMEI)和平均日粗蛋白质摄入量(ADCPI)的影响显著（$P<0.05$），随饲粮代谢能水平的升高，育成期太行鸡的 ADMEI 增加。饲粮粗蛋白质水平对育成期太行鸡 ADCPI 的影响显著（$P<0.05$），随饲粮粗蛋白质水平的升高，育成期太行鸡的 ADCPI 增加。饲粮代谢能和粗蛋白质水平对育成期太行鸡 ADMEI 和 ADCPI 表现出显著互作效应（$P<0.05$）。3）饲粮代谢能水平对育成期太行鸡血清甘油三酯含量的影响显著（$P<0.05$）。饲粮代谢能和粗蛋白质水平对育成期太行鸡血清甘油三酯含量表现出显著互作效应（$P<0.05$）。综合血清生化指标得出，饲粮代谢能水平为 11.5 MJ/kg 即可以满足太行

*通讯作者：赵国先，教授，博士生导师，E-mail:　zgx959@163.com

鸡的能量需要。综合考虑各项指标，育成期太行鸡饲粮适宜代谢能水平为 11.5 MJ/kg，适宜粗蛋白质水平为 14%~15%。

关键词：太行鸡；育成期；代谢能；粗蛋白质；生长性能；血清生化指标

中图分类号：S831　　　　　　　　文献标识码：　　　　　　　　　文章编号：

太行鸡是河北省境内的一种优质地方品种，于 2015 年通过国家畜禽遗传资源委员会审定。太行鸡具有体型小、耐粗饲、适应性强、肉蛋品质优良、营养丰富等优点，颇受养殖户和消费者的喜爱。适宜的代谢能和粗蛋白质水平是保证家禽健康生长的必要条件。相关研究表明，不同品种、性别、日龄的家禽，其对营养物质的需要量不同。新杨绿壳蛋鸡育成期适宜营养水平为：代谢能 11.40 MJ/kg，粗蛋白质 14.45%[1]。91~128 日龄高原地区海兰灰蛋鸡营养需要为：代谢能 11.6 MJ/kg，粗蛋白质 17.13%[2]。9~15 周龄银香麻鸡适宜营养水平为：代谢能 12.54 MJ/kg，粗蛋白质 18.0%[3]。淮南麻黄鸡的营养需要为：7~11 周龄，代谢能 11.73 MJ/kg，粗蛋白质 15.0%；12~18 周龄，代谢能 11.69 MJ/kg，粗蛋白质 14.0%[4]。六画山鸡 5~7 周龄母鸡的适宜营养水平为：粗蛋白质 21.00%；5~10 周龄公鸡的适宜营养水平为：粗蛋白质 21.00%[5]。1~4 周龄淮北麻鸡适宜营养水平为：代谢能 11.9 MJ/kg，粗蛋白质 17.5%；或代谢能 10.9 MJ/kg，粗蛋白质 16%[6]。1~4 周龄乌骨鸡适宜营养水平为：公鸡，代谢能 11.72 MJ/kg，粗蛋白质 20%；母鸡，代谢能 11.30 MJ/kg，粗蛋白质 20%[7]。金黄鸡营养需要为：1~6 周龄，代谢能 12.13 MJ/kg，粗蛋白质 19%；7~14 周龄，代谢能 12.13 MJ/kg，粗蛋白质 15%[8]。1~6 周龄太行鸡公鸡育肥适宜营养水平为：代谢能 12.15 MJ/kg，粗蛋白质 17.6%[9]。育雏期太行鸡适宜营养水平为：代谢能 12.0~12.3 MJ/kg，粗蛋白质 17%~20%[10]。由于太行鸡规模养殖起步较晚，研究多集中于品种选育及生长规律等方面[11-13]，关于营养需要量的研究较少，至今没有制定出规范的饲养标准指导生产。因此，本研究旨在通过试验确定太行鸡饲粮的适宜代谢能和粗蛋白质水平，为制定太行鸡的饲养标准及其标准化养殖提供依据。

1　材料与方法

1.1　试验动物和材料

试验动物：由河北农业大学标本园提供的试验专用鸡中选出体重均匀、健康的 77 日龄太行鸡母鸡 360 只。

饲料原料：由河北农业大学标本园内饲料厂提供。

1.2　试验设计和试验饲粮

选取 360 只 77 日龄的太行鸡，随机分为 9 组，每组设 4 个重复，每个重复 10 只鸡。以代谢能和粗蛋白质为因子，采用 2 因素 3 水平试验设计（表 1），代谢能和粗蛋白质水平的选定主要以我国《鸡饲养标准》NY/T 33-2004 和养殖户的生产实践为依据。配方设计时，部分数据参考《中国饲料成分及营养价值表》(2015 年第 26 版)。试验饲粮组成及营养水平见表 2。

表 1　试验设计

Table 1　Experiment design

项目 Items		粗蛋白质水平 CP level/%		
		16	15	14
代谢能水平 ME level/（MJ/kg）	12.0	高能高蛋白质组（HH 组）	高能中蛋白质组（HM 组）	高能低蛋白质组（HL 组）
	11.5	中能高蛋白质组（MH 组）	中能中蛋白质组（MM 组）	中能低蛋白质组（ML 组）
	11.0	低能高蛋白质组（LH 组）	低能中蛋白质组（LM 组）	低能低蛋白质组（LL 组）

表 2　试验饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 2　Composition and nutrient levels of experimental diets (air-dry basis)　　%

项目 Items	组别 Groups								
	HH	HM	HL	MH	MM	ML	LH	LM	LL
原料 Ingredients									
玉米 Corn	66.58	69.63	72.68	67.80	69.37	70.94	61.97	63.54	65.11
豆粕 Soybean meal	16.99	15.71	14.44	23.49	20.58	17.67	22.20	19.29	16.38
膨化大豆 Expanded soybean	8.67	6.84	5.02						
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	1.66	1.70	1.74	1.55	1.56	1.57	1.28	1.29	1.30
石粉 Limestone	1.11	1.11	1.12	1.19	1.20	1.22	1.33	1.34	1.36
小麦麸 Wheat bran				0.97	2.29	3.61	8.22	9.53	10.85
预混料 Premix	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
合计 Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels									
代谢能 ME/（MJ/kg）	12.0	12.0	12.0	11.5	11.5	11.5	11.0	11.0	11.0
粗蛋白质 CP	16.0	15.0	14.0	16.0	15.0	14.0	16.0	15.0	14.0
钙 Ca	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
总磷 TP	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
赖氨酸 Lys	0.82	0.75	0.68	0.80	0.73	0.66	0.79	0.72	0.65
蛋氨酸 Met	0.26	0.25	0.23	0.26	0.24	0.23	0.25	0.23	0.22

预混料为每千克饲料提供 The premix provided the following per kg of diets：禽用多维

multiple vitamins for poultry 500 mg，胆碱 choline 500 mg，Fe 75 mg，Cu 12.5 mg，Mn 62 mg，Zn 75 mg，I 0.5 mg，Se 0.4 mg，蛋氨酸 Met 990 mg，苏氨酸 Thr 294 mg，黄霉素 flavomycin 10 mg，植酸酶 phytase 160 mg，Ca 6 500 mg，磷（磷酸氢钙） P ($CaHPO_4$) 1 400 mg，氯化钠 NaCl 3 000 mg。

1.3 饲养管理

试验前对鸡舍的地面、墙壁、鸡笼等进行彻底消毒。试验鸡采用 4 层半阶梯式笼养，各组均匀地分布在各层。乳头式饮水器自由饮水，每日清粪打扫卫生 1 次，每 2 d 舍内用消毒剂消毒 1 次。定期喷水保湿，满足试验鸡需要的温度和湿度。全期自由采食和饮水，按常规方法免疫与管理。预试期 3 d，正试期 42 d。

1.4 测定指标

1.4.1 生长性能

试验期间以重复为单位，每周记录鸡群的空腹体重、采食量、只数，计算平均日增重、平均日采食量、料重比。

1.4.2 血清生化指标

试验结束时，每个重复随机抽取 3 只鸡进行翅下采血，在 4 ℃、300 r/min 的离心机中离心 10 min，将分离出的血清分装到 1 mL 离心管中，-20 ℃保存，待测。研究采用南京建成生物工程研究所提供的试剂盒，利用血液生化分析仪进行测定，血清生化指标及测定方法见表 3。

表 3 血清生化指标及测定方法

Table 3 Serum biochemical indexes and determination methods

项目 Items	测定方法 Determination methods
葡萄糖 GLU/(mmol/L)	氧化酶法

尿酸 UA/(umol/L)	酶比色法
甘油三酯 TG/(mmol/L)	甘油磷酸氧化法
胆固醇 CHO/(mmol/L)	氧化酶法
总蛋白 TP/(g/L)	双缩脲法
白蛋白 ALB/(g/L)	溴甲酚绿法

1.5 数据分析

数据采用 SPSS 19.0 统计软件处理分析，利用 General Multivariate 进行主效应和交互作用方差分析，并进行 Duncan 氏法多重比较，用 LSD 检验各组之间的差异显著性。数据用平均值±标准差(means±SD)表示，$P<0.05$ 为差异显著。

2 结 果

2.1 饲粮代谢能和粗蛋白质水平对育成期太行鸡生长性能的影响

由表 4 可知，主效应分析表明，随饲粮代谢能水平的升高，育成期太行鸡的末重和平均日增重增加，平均日采食量和料重比降低。饲粮代谢能水平对育成期太行鸡平均日采食量和料重比的影响显著（$P<0.05$），其中低代谢能组平均日采食量最大，分别比中、高代谢能组高 0.96%（$P<0.05$）和 0.77%（$P<0.05$），中代谢能组和高代谢能组之间差异不显著（$P>0.05$）；高代谢能组料重比最小，分别比中、低代谢能组下降 3.10%（$P>0.05$）和 8.08%（$P<0.05$），中代谢能组料重比较低代谢能组降低 5.14%（$P<0.05$）；高代谢能组的平均日增重分别比中、低代谢能组高 7.34%（$P>0.05$）和 12.78%（$P<0.05$），中代谢能组平均日增重比低代谢能组高 5.07%（$P>0.05$）。

随饲粮粗蛋白质水平的升高，育成期太行鸡的末重、平均日增重和平均日采食量先增加后降低，料重比先减小后增大。饲粮粗蛋白质水平对育成期太行鸡料重比的影响显著（$P<0.05$），中蛋白质组太行鸡料重比分别比低、高蛋白质组降低 3.53%（$P>0.05$）和 8.85%

（P<0.05），低蛋白质组料重比与高蛋白质组相比降低了 5.52%（P<0.05）。中蛋白质组的平均日增重分别比低、高蛋白质组高 5.65%（P>0.05）和 11.97%（P<0.05），低蛋白质组平均日增重比高蛋白质组高 5.99%（P>0.05）。

饲粮代谢能和粗蛋白质水平对育成期太行鸡平均日采食量、平均日增重和料重比表现出显著互作效应（P<0.05），对末重未表现出显著互作效应（P>0.05）。平均日采食量的主效应表现为随代谢能水平的增加而降低，但是在中蛋白质水平时，MM 组平均日采食量比 LM 组高 2.23%（P<0.05）。平均日增重的主效应表现为随代谢能水平的增加而增大，但是在低蛋白质水平时，HL 组平均日增重比 ML 组降低了 16.02%（P>0.05）；在高蛋白质水平时，MH 组平均日增重比 LH 组降低了 6.26%（P>0.05）。料重比的主效应表现为随代谢能水平的增加而减小，但是在低蛋白质水平时，HL 组料重比比 ML 组增加了 20.63%（P<0.05）；在高蛋白质水平时，MH 组料重比比 LH 组增加了 5.44%（P>0.05）。

表 4　饲粮代谢能和粗蛋白质水平对育成期太行鸡生长性能的影响

Table 4　Effects of dietary metabolizable energy and crude protein levels on growth performance of *Taihang* chickens during growing period

项目 Items		初重 Initial weight/g	末重 Final weight/g	平均日采食量 ADFI/g	平均日增重 ADG/g	料重比 F/G
组别 Group	HH	707.59±91.13	911.82±136.52^{ab}	57.45±0.15^{bc}	4.86±1.44^{b}	11.26±0.26^{cd}
	HM	722.39±57.29	970.17±86.20^{a}	56.95±0.15^{d}	5.90±1.21^{a}	9.84±0.84^{e}
	HL	693.46±73.49	876.85±88.90^{b}	57.13±0.13^{cd}	4.37±1.27^{b}	12.69±0.69^{a}
	MH	723.76±47.01	899.65±60.36^{b}	56.53±0.27^{e}	4.19±0.81^{b}	13.17±0.17^{a}
	MM	694.52±70.45	902.04±113.80^{ab}	58.16±0.06^{a}	4.94±1.61^{b}	11.19±0.19^{cd}
	ML	709.83±76.24	922.89±112.95^{ab}	56.51±0.29^{e}	5.07±1.18^{ab}	10.52±0.52^{de}
	LH	715.11±87.39	903.00±106.82^{ab}	57.77±0.23^{b}	4.47±1.32^{b}	12.49±0.49^{ab}
	LM	682.17±57.93	865.78±88.28^{b}	56.89±0.11^{d}	4.37±1.01^{b}	12.62±0.12^{a}
	LL	693.39±54.67	893.83±75.14^{ab}	58.21±0.21^{a}	4.77±1.22^{b}	11.67±0.67^{bc}
主效应 Main effect						
代谢能 ME/（MJ/kg）	12.0	709.31±74.36	924.23±111.96	57.18±0.25^{b}	5.12±1.43^{a}	11.27±1.36^{b}
	11.5	706.98±66.82	907.44±100.65	57.07±0.84^{b}	4.77±1.34^{ab}	11.63±1.23^{b}
	11.0	696.89±68.38	887.54±91.41	57.62±0.61^{a}	4.54±1.18^{b}	12.26±0.61^{a}
粗蛋白质 CP/%	16	715.48±76.73	904.79±104.67	57.25±0.59	4.51±1.23^{b}	12.31±0.89^{a}
	15	698.95±64.43	911.14±106.07	57.33±0.63	5.05±1.45^{a}	11.22±1.28^{b}
	14	699.45±67.32	900.00±94.07	57.28±0.77	4.78±1.22^{ab}	11.63±1.09^{b}

P 值	代谢能 ME	0.672	0.263	＜0.001	0.140	0.002
P-value	粗蛋白质 CP	0.558	0.745	0.657	0.064	0.001
	代谢能×粗蛋白质 ME×CP	0.692	0.076	＜0.001	0.015	＜0.001

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著（P<0.05），相同或无字母表示差异不显著（P>0.05）。下表同。

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference (P<0.05), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference (P>0.05). The same as below.

2.2 饲粮代谢能和粗蛋白质水平对育成期太行鸡代谢能和粗蛋白质摄入量的影响

由表 5 可知，主效应分析表明，随饲粮代谢能水平的升高，育成期太行鸡的平均日代谢能摄入量(average daily metabolizable energy intake,ADMEI)增加。饲粮代谢能水平对育成期太行鸡 ADMEI 和平均日粗蛋白质摄入量(average daily crude protein intake,ADCPI)的影响显著（P<0.05），其中高代谢能组 ADMEI 最大，分别比中、低代谢能组高 4.55%（P<0.05）和 8.24%（P<0.05），中代谢能组 ADMEI 比低代谢能组高 3.54%（P<0.05）。低代谢能组 ADCPI 最大，分别比高、中代谢能组高 0.70%（P<0.05）和 0.93%（P<0.05），高代谢能组和中代谢能组之间差异不显著（P>0.05）。

随饲粮粗蛋白质水平的升高，育成期太行鸡的 ADCPI 增大。饲粮粗蛋白质水平对育成期太行鸡 ADCPI 的影响显著（P<0.05），高蛋白质组 ADCPI 最大，分别比中、低蛋白质组高 6.51%（P<0.05）和 14.21%（P<0.05），中蛋白质组 ADCPI 比低蛋白质组高 7.33%（P<0.05）。

饲粮代谢能和粗蛋白质水平对育成期太行鸡 ADMEI 和 ADCPI 表现出显著互作效应（P<0.05）。主效应中 ADMEI 随饲粮粗蛋白质水平升高无显著差异（P＞0.05），但是在低代

谢能水平下，LL 组 ADMEI 分别比 LM 和 LH 组高 2.32%（P<0.05）和 0.76%（P<0.05）；在中代谢能水平下，MM 组 ADMEI 分别比 MH 和 ML 组高 2.88%（P<0.05）和 2.92%（P<0.05）；在高代谢能水平下，HH 组 ADMEI 分别比 HM 和 HL 组高 0.88%（P<0.05）和 0.56%（P<0.05）。主效应中 ADCPI 随饲粮代谢能水平升高呈降低趋势，但是在中蛋白质水平下，MM 组 ADCPI 比 LM 组高 2.23%（P<0.05）。

表 5　饲粮代谢能和粗蛋白质水平对育成期太行鸡代谢能和粗蛋白质摄入量的影响

Table 5　Effects of dietary metabolizable energy and crude protein levels on metabolizable energy and crude protein intake of *Taihang* chickens during growing period

项目 Items		平均日代谢能摄入量 ADMEI/（kJ/d•只）	平均日粗蛋白质摄入量 ADCPI/（g/d•只）
组别 Group	HH	689.40±1.80^{a}	9.19±0.02^{b}
	HM	683.40±1.80^{b}	8.54±0.02^{e}
	HL	685.56±1.56^{b}	8.00±0.02^{g}
	MH	650.10±3.11^{d}	9.04±0.04^{c}
	MM	668.84±0.69^{c}	8.72±0.01^{d}
	ML	649.87±3.34^{d}	7.91±0.04^{h}
	LH	635.47±2.53^{f}	9.24±0.04^{a}
	LM	625.79±1.21^{g}	8.53±0.02^{e}
	LL	640.31±2.31^{e}	8.15±0.03^{f}
主效应 Main effect			
代谢能 ME/（MJ/kg）	12.0	686.12±3.03^{a}	8.58±0.52^{b}
	11.5	656.27±9.71^{b}	8.56±0.51^{b}

	11.0	633.86±6.66[c]	8.64±0.48[a]
粗蛋白质 CP/%	16	658.32±24.25	9.16±0.09[a]
	15	659.34±25.97	8.60±0.09[b]
	14	658.58±20.77	8.02±0.11[c]
P 值 *P*-value	代谢能 ME	＜0.001	＜0.001
	粗蛋白质 CP	0.599	＜0.001
	代谢能×粗蛋白质 ME×CP	＜0.001	＜0.001

2.3 饲粮代谢能和粗蛋白质水平对育成期太行鸡血清生化指标的影响

由表 6 可知，主效应分析表明，随饲粮代谢能水平的升高，育成期太行鸡血清葡萄糖、甘油三酯、胆固醇、总蛋白和白蛋白含量均增加。饲粮代谢能水平对育成期太行鸡血清甘油三酯含量的影响显著（$P<0.05$），其中高代谢能组血清甘油三酯含量最高，分别比中、低代谢能组高 52.46%（$P<0.05$）和 86.00%（$P<0.05$），中代谢能组比低代谢能组高 22%（$P>0.05$）。

饲粮粗蛋白质水平对育成期太行鸡各项血清生化指标影响均未达到显著水平（$P>0.05$）。饲粮代谢能和粗蛋白质水平对育成期太行鸡血清甘油三酯含量表现出显著互作效应（$P<0.05$）。

表 6 饲粮代谢能和粗蛋白质水平对育成期太行鸡血清生化指标的影响

Table 6 Effects of dietary metabolizable energy and crude protein levels on serum biochemical indexes of *Taihang* chickens during growing period

项目 Items	葡萄糖 GLU/(mmol/	尿酸 UA/(umol/L	甘油三酯 TG/(mmol/	胆固醇 CHO/(mmol/	总蛋白 TP/(g/L)	白蛋白 ALB/(g/L

		L)	)	L)	L)		)
	HH	7.95±0.42	84.43±22.61	0.88±0.06^{a}	3.09±0.29	35.27±1.87	16.86±1.82
	HM	7.64±0.54	138.57±64.48	1.03±0.12^{a}	3.16±0.66	35.93±3.57	14.91±0.76
	HL	7.77±0.32	89.90±35.45	0.88±0.32^{a}	3.18±0.17	36.23±4.21	15.89±1.45
	MH	7.35±0.75	112.80±35.78	0.80±0.20^{ab}	2.79±0.42	35.93±5.36	16.13±1.18
组别 Group	MM	7.59±0.86	145.10±55.36	0.47±0.20^{cd}	2.91±0.36	31.97±3.19	15.56±1.52
	ML	7.43±0.89	114.20±39.06	0.57±0.03^{bcd}	2.97±0.22	35.03±2.97	14.85±0.88
	LH	7.39±0.49	108.10±26.11	0.74±0.08^{abc}	2.74±0.61	35.93±3.21	14.88±1.71
	LM	7.12±0.79	77.50±6.22^{a}	0.42±0.08^{d}	2.77±0.09	34.37±3.94	15.42±0.77
	LL	6.88±0.45	62.10±27.00^{a}	0.33±0.02^{d}	2.78±0.59	31.23±2.23	15.24±1.52
主效应 Main effect							
代谢能 ME/（MJ/kg）	12.0	7.79±0.40	104.30±46.34	0.93±0.19^{a}	3.14±0.37	35.81±2.95	15.89±1.49
	11.5	7.46±0.73	124.03±41.4	0.61±0.20^{b}	2.89±0.31	34.31±3.9	15.51±1.2

			4			0	0
	11.0	7.13±0.56	82.57±27.81	0.50±0.20^{b}	2.76±0.43	33.84±3.46	15.18±1.23
	16	7.56±0.57	101.78±28.14	0.81±0.13	2.87±0.43	35.71±3.28	15.96±1.63
粗蛋白质 CP/%	15	7.45±0.69	120.39±53.46	0.64±0.32	2.95±0.41	34.09±3.55	15.29±0.98
	14	7.36±0.65	88.73±37.25	0.59±0.29	2.97±0.37	34.17±3.60	15.33±1.22
P 值 *P*-value	代谢能 ME	0.126	0.099	0.000	0.112	0.463	0.526
	粗蛋白质 CP	0.801	0.240	0.204	0.861	0.545	0.489
	代谢能×粗蛋白质 ME×CP	0.899	0.419	0.000	0.837	0.605	0.648

3 讨 论

3.1 饲粮代谢能和粗蛋白质水平对育成期太行鸡生长性能的影响

能量和蛋白质是家禽生长最重要的 2 个因素，饲粮中能量和蛋白质水平过高或过低都会影响其生长健康[2]。家禽具有根据饲粮营养水平的高低自主调节采食量的特点，相关研究表

明，一定程度上提高蛋鸡饲粮代谢能水平，平均日采食量降低，平均日增重增加[14-15]，料重比减小[3, 16]，这与本试验研究结果一致。本试验结果显示，代谢能水平为 11.5~12.0 MJ/kg 时，育成期太行鸡表现为增重快，料重比低，显著优于代谢能水平为 11.0 MJ/kg 时。本试验中饲粮粗蛋白质水平为 14%~15%时相比于粗蛋白质水平为 16%时，太行鸡表现出较高的平均日增重和较低的料重比，生长性能表现更佳。可以推断 14%~15%的饲粮粗蛋白质水平已能够满足太行鸡的需要，饲粮粗蛋白质水平达到 16%时对太行鸡并无有利影响，甚至可能出现反作用。朱由彩等[4,17]对 7~18 周龄淮南麻黄鸡的研究结果与本试验相似，饲粮粗蛋白质水平 14%~15%可满足其生长需要。本试验太行鸡平均日增重随饲量粗蛋白质水平增加先升高后降低，中蛋白质组增重更快，这与宋清华等[18]对育成期红腹锦鸡的研究趋势相似。家禽饲粮的营养配制还应考虑到蛋白质能量比，有研究表明，低蛋白质饲粮的代谢能水平过高，会破坏正常的蛋白质能量比，抑制家禽生长[1, 19]。本试验在饲粮粗蛋白质水平为 14%时，代谢能水平上升至 12.0 MJ/kg 时，太行鸡平均日增重反而降低。

3.2　饲粮代谢能和粗蛋白质水平对育成期太行鸡代谢能和粗蛋白质摄入量的影响

由于家禽为能而食的特点，太行鸡会根据饲粮的营养水平适当调整采食量，以保证营养的摄入以及避免浪费。饲粮的代谢能水平升高，太行鸡可以通过减少采食量来平衡代谢能摄入量。因此会导致其他营养物质摄入量减少，如本试验中粗蛋白质摄入量就随饲粮代谢能水平的增加而减小。但是采食量不会无限降低，否则不足以满足动物饱腹感，因此这种调节作用有一定范围，并不完全精确。本试验中 ADMEI 随饲粮代谢能水平升高而上升，应该就是由此引起。饲粮的蛋白质能量比对家禽生长有一定的影响。本试验中饲粮粗蛋白质单一因素对 ADMEI 无显著影响，但是两因素交互作用显示，代谢能水平一定，粗蛋白质和代谢能比例接近 13 g/MJ 的试验鸡的 ADMEI 较高。

3.3　饲粮代谢能和粗蛋白水平对育成期太行鸡血清生化指标的影响

血清生化指标可以在一定程度上反映家禽的营养物质代谢水平，也间接反映了动物机体的健康状况[5]，正常情况下机体的血清生化指标比较稳定，不会大幅度变化。本试验中各组太行鸡的血清生化指标（除甘油三酯以外）均无显著差异，说明本试验设置的各组营养水平均在正常范围内，并未对太行鸡造成严重伤害。血清甘油三酯通常来源于自身合成和食物摄入 2 个部分，可以反映机体的脂类代谢与合成。相关研究表明，血清甘油三酯含量和饲粮代谢能水平有相同的变化趋势[20-21]，本试验结果与其相似，随饲粮代谢能水平升高，血清甘油三酯含量上升，高代谢能组血清甘油三酯含量显著高于中、低代谢能组。这可能是由于代谢能水平为 12.0 MJ/kg 时，已超过太行鸡所需的能量水平，多余的能量物质转化为脂类储存于生物体内。由此可知饲粮代谢能水平过高不仅会造成饲料浪费，还会使动物机体蓄积脂肪影响健康。因此，本试验中饲粮代谢能水平为 11.5 MJ/kg 时即可以满足太行鸡的能量需要。

4　结　论

① 综合生长性能各项指标得到，饲粮代谢能水平为 11.5 ~12.0 MJ/kg，粗蛋白质水平为 14%~15%时，太行鸡表现较优。

② 综合血清生化各项指标得到，饲粮代谢能水平为 11.5 MJ/kg 时即可满足太行鸡的能量需要。

③ 综合考虑各项指标，育成期太行鸡饲粮适宜代谢能水平为 11.5 MJ/kg，适宜粗蛋白质水平为 14%~15%。

参考文献：

[1] 袁超,徐志刚,蒋媛婧,等.新杨绿壳蛋鸡育成期能量和蛋白质的需要量[J].动物营养学报,2013,25(4):735–742.

[2] 李海燕,马竞,张曦,等.高原地区海兰灰蛋鸡育成期能量和蛋白需要量的研究[J].饲料工业,2014,35(15):24–28.

[3] 苏彬.银香麻鸡日粮适宜能量、蛋白水平研究[D].硕士学位论文.南宁:广西大学,2006.

[4] 朱由彩.淮南麻黄鸡日粮蛋白质水平研究[D].硕士学位论文.合肥:安徽农业大学,2013.

[5] 杨俊.六画山鸡 5 至 16 周龄日粮适宜蛋白水平的研究[D].硕士学位论文.南宁:广西大学,2013.

[6] 杜永才.0 周龄~4 周龄淮北麻鸡能量和蛋白质需要量研究[D].硕士学位论文.杨凌:西北农林科技大学,2006.

[7] 张学余,韩威,苏一军,等.饲料能量和蛋白含量对苏禽乌骨鸡日增重的影响[J].江西农业大学学报,2010,32(2):199–205.

[8] 杨正德,罗爱平,徐蒄,等.贵农金黄鸡 0~14 周龄生长鸡能量、蛋白需要的研究[J].贵州农业科学,1995(5):44–47.

[9] 王珊,赵国先,冯志华,等.日粮代谢能和粗蛋白质水平对 0～6 周龄太行鸡育肥公鸡生长性能及营养物质表观代谢率的影响[J].中国家禽,2017,39(18):34–39.

[10] 冯焯,赵国先,李树鹏,等.日粮代谢能和粗蛋白质水平对育雏期太行鸡生长性能及血液生化指标的影响[J].中国饲料,2016(21):18–22,29.

[11] 张乐超,张秀玲,刘春杨,等.快慢羽太行鸡生长规律和 Logistic 生长曲线拟合分析[J].中国畜牧杂志,2017,53(1):17–21.

[12] 张秀玲,李兰会,李祥龙,等.河北太行鸡遗传资源调研报告[J].山东农业大学学报（自然科学版）,2015,46(5):725–729,733.

[13] 耿立英,张传生,李祥龙,等.太行鸡脾脏 SRBC 免疫应答基因的筛选与分析[J].中国畜牧杂志,2016,52(1):1–7.

[14] 蒋守群,蒋宗勇,郑春田,等.饲粮代谢能和粗蛋白水平对黄羽肉鸡生产性能和肉品质的影响[J].中国农业科学,2013,46(24):5205–5216.

[15] FRIKHA M,SAFAA H M,JIMÉNEZ-MORENO E,et al.Influence of energy concentration and feed form of the diet on growth performance and digestive traits of brown egg-laying pullets from 1 to 120 days of age[J].Animal Feed Science and Technology,2009,153(3/4):292–302.

[16] 窦文洁.鲁西斗鸡生长规律、能量代谢参数以及需要量研究[D].硕士学位论文.泰安:山东农业大学,2012.

[17] 朱由彩,詹凯,李俊营,等.日粮蛋白水平对育雏育成期淮南麻黄鸡生长发育的影响[J].畜牧与兽医,2014,46(3):31–37.

[18] 宋清华,李勇超,高凤仙.不同蛋白质水平对育成期红腹锦鸡生长性能影响的研究[J].经济动物学报,2010,14(1):30–34.

[19] JACKSON S, SUMMERS J D, LEESON S.Effect of dietary protein and energy on broiler carcass composition and efficiency of nutrient utilization[J].Poultry Science,1982,61(11):2224–2231.

[20] ÖZEK K,BAHTIYARCA Y.Effects of sex and protein and energy levels in the diet on the blood parameters of the chukar partridge (*Alectoris Chukar*)[J].British Poultry Science,2004,45(2):290–293.

[21] 俞路,王雅倩,章世元,等.玉米蛋白饲料在樱桃谷肉鸭日粮中的应用研究[J].中国饲料,2008(10):12–15.

Study on Optimum Dietary Metabolizable Energy and Crude Protein Levels of *Taihang* Chickens during Growing Period

FENG Zhuo[1] HAO Yanshuang[2] ZHAO Guoxian[2*] LI Shupeng WANG Lin[2] LIU Di[2] LIU Yanci[4] MA Kewei[4]

(1. *Zhuozhou Agriculture Bureau*, *Zhuozhou* 072750, *China*; 2. *College of Animal Science and Technology*, *Hebei Agricultural University*, *Baoding* 071000, *China*; 3. *College of Veterinary Medicine*, *Hebei Agricultural University*, *Baoding* 071000, *China*; 4. *Baoding Vocational and Technical College*, *Baoding* 071000, *China*)

Abstract: This experiment was conducted to study the effects of dietary metabolizable energy and crude protein levels on growth performance and serum biochemical indexes of *Taihang* chickens during growing period, and to determine the optimum dietary metabolizable energy and crude protein levels, so as to provide basis for formulating feeding standard of *Taihang* chickens. The metabolic energy (11.0, 11.5 and 12.0 MJ/kg) and crude protein (14%, 15% and 16%) were used as the factors, and the experiment designed with 2 factors and 3 levels. A total of 360 healthy 77-day-old *Taihang* chickens with similar body weight were selected and randomly divided into 9 groups with 4 replicates per group and 10 chickens per replicate. The pre feeding period was 3 days, and the test period was 42 days. The results showed as follows: 1) dietary metabolizable energy level had significant effects on the average daily feed intake and feed to gain ratio of *Taihang* chickens during growing period (P<0.05), with dietary metabolizable energy level increasing, the average daily feed intake and feed to gain ratio of *Taihang* chickens during growing period were decreased. Dietary crude protein level had significant effects on the feed to weight ratio of *Taihang* chickens during growing period (P<0.05), with dietary crude protein level increasing, the average daily feed intake firstly increased and then decreased, and the feed to gain ratio firstly decreased and then increased. Dietary metabolizable energy and crude protein levels showed significant interaction effects on average daily feed intake, average daily gain and of feed to gain ratio of *Taihang* chickens during growing period (P<0.05). Comprehensive the growth performance indexes, when dietary metabolizable energy level was 11.5 to 12.0 MJ/kg, and crude protein level was 14% to 15%, *Taihang* chickens showed better growth performance. 2) Dietary metabolizable energy level had significant effects on the average daily metabolizable energy intake (ADMEI) and average daily crude protein intake (ADCPI) of *Taihang* chickens during growing period (P<0.05), with dietary metabolizable energy level increasing, the ADMEI of *Taihang* chickens during growing period was increased. Dietary crude protein level had significant effects on the ADCPI of *Taihang* chickens during growing period (P<0.05), with dietary crude protein level increasing, the ADCPI of *Taihang* chickens during growing period was increased. Dietary metabolizable energy and crude protein levels showed significant interaction effects on ADMEI and ADCPI of *Taihang* chickens during growing period (P<0.05). 3) Dietary metabolizable energy level had significant effects on serum triglyceride content of *Taihang* chickens during growing period (P<0.05). Dietary metabolizable energy and crude protein levels

*Corresponding author, professor, E-mail: zgx959@163.com

（责任编辑　武海龙）

showed significant interaction effects on serum triglyceride content of *Taihang* chickens during growing period ($P<0.05$). Comprehensive the serum biochemical indexes, dietary metabolizable energy level was 11.5 MJ/kg, it can meet the energy requirement of *Taihang* chickens. In conclusion, considering all the indexes, the optimum dietary metabolizable energy level of *Taihang* chickens during growing period is 11.5 MJ/kg, and the optimum dietary crude protein level is 14% to 15%.

Key words: *Taihang* chickens; growing period; metabolizable energy; crude protein; growth performance; serum biochemical indexes